

Jenny Lotta

# Maakaluston tuotantodokumenttien kehittäminen ja päivittäminen Lean-tuotantoon

Metropolia Ammattikorkeakoulu  
Insinööri (AMK)  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Insinöörityö  
29.4.2012

Tekijä Otsikko  Sivumäärä Aika	Jenny Lotta Maakaluston tuotantodokumenttien kehittäminen ja päivittäminen Lean-tuotantoon 32 sivua + 7 liitettä 29.4.2012
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Kone- ja tuotantotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Tuotesuunnittelu
Ohjaajat	Lehtori Pekka Salonen LCM Manager Juulia Loisa
<p>Insinööritöiden tavoitteena oli päivittää maakalusto-osaston tuotantodokumentit ja kehittää tuotantoprosessia Lean-tuotantojärjestelmän mukaiseksi. Päivitettävät tuotantodokumentit olivat pääosin työohjeita. Työhön kuului tuotantodokumenttien päivittämisen lisäksi kehittää tuotantoprosessia vastaamaan Lean-tuotannon tarpeita nopeuttaen tuotantoa. Työ tehtiin Vaisala Oyj:lle, ja sen toteutukseen käytettiin tietoja yrityksen sisäisistä projekteista kirjallisten lähteiden ohella.</p> <p>Insinööritöissä tarkastellaan yleisesti Lean-tuotannon vaatimuksia tuotantodokumenteille ja käydään läpi Lean-tuotannon perusteita. Lisäksi tutkitaan teknisen dokumentaation vaatimuksia ja rakennetta. Työn käytännön osassa päivitettävälle dokumenteille määritettiin tavoitteet ja tuotteiden vaatimukset sekä toteutettiin ohjeet niitä noudattaen. Insinööritöissä pyrittiin myös yhdenmukaistamaan tuotannon valmistuskäytäntöjä ja testimenetelmiä. Lisäksi selvitettiin uuden nopeamman tuotantoajan mahdollistavan testausjärjestelyn käyttöönoton vaatimuksia ja toteutusta.</p> <p>Tämän insinööritöiden lopputulos on päivitetty tuotekansiot, jotka sisältävät päivitetyn tuoterakenteen, työohjeet ja työpiirustukset. Lisäksi tuotantoprosessin kehittämisestä laadittiin arvovirtakaavio.</p>	
Avainsanat	Lean, 5S, työohjeet, arvovirtakaavio, tekninen dokumentointi

Author Title Number of Pages Date	Jenny Lotta The Development and update of manufacturing documents for the Ground Equipment team considering Lean philosophy 32 pages + 7 appendices 29 April 2012
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical Engineering
Specialisation option	Product Design
Instructors	Pekka Salonen, Principal Lecturer Juulia Loisa, LCM Manager
<p>The purpose of this Bachelor's Thesis was to improve delivery time and update manufacturing documents to the Ground Equipment team from the Lean-manufacturing perspective. The documents were mainly work instructions. The other part of this Thesis was to improve the production process and delivery time based on Lean-manufacturing principles. This thesis was made to Vaisala Oyj and there were two sources of information, earlier Lean-projects and literature.</p> <p>This Thesis deals with basics of the Lean and examines the Lean-requirements to manufacturing documentation. In addition, the structure and requirements of the technical documents were studied. In the practical part of this study, the target of the documentation and the product requirements were defined. Another aim was to standardize the manufacturing process and the testing procedures.</p> <p>The result of the study is the updated product files, including updated item structures, work instructions and workshop drawings. The improved production process was drafted as value stream map.</p>	
Keywords	Lean, 5S, work instructions, value stream map, technical documentation

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Luotauskalusto Vaisalan tuotteissa	1
2.1	Luotauksen perusteita	1
2.2	MW31	2
2.2.1	Antennit	3
2.2.2	SPS311	3
3	Tuotetiedon hallinta	4
3.1	Tuotetiedon hallinnan osa-alueet	4
3.2	Tuotetietohallintajärjestelmän tehtävät	4
3.3	Tuotetiedon hallinnan rooli tuotannon tehostamisessa	7
4	Lean	8
4.1	Filosofia ja periaatteet	8
4.2	5S-työkalu	11
4.3	JOT/JIT-tuotanto	13
4.4	Leanin ja 5S:n soveltaminen työohjeisiin	14
5	Dokumentointi	15
5.1	Työohjeiden dokumentointi	15
5.2	Työohjeiden rakenne ja menetelmät	17
6	Case-yrityksen dokumentoinnin tila ja tarpeet alussa	18
6.1	Lähtötilanne	19
6.2	Dokumentoinnin tarpeet	19
6.3	Kokoonpano-ohjeet	21
6.4	Testausohjeet ja -raportit	21
6.5	Tuotantoprosessin kehittämisen lähtökohdat	22

7	Case-yrityksen dokumentoinnissa saavutetut tavoitteet	23
7.1	Tuotannon työohjeiden ja Lean-ohjeiden yhdistäminen	23
7.2	Dokumentit	24
7.2.1	Kokoonpano-ohjeet	24
7.2.2	Kokoonpano ja testausohjeet	26
7.2.3	Testiraportit	26
7.2.4	Tuotekansio	27
7.3	Testauksen yhdenmukaistaminen	27
7.4	Tuotantoprosessin kehittäminen ja tuotantoajan optimointi	28
8	Loppupäätelmät	30
8.1	Ohjeiden hyväksyntä ja käyttöönotto	30
8.2	Jatkuva kehittäminen	30
	Lähteet	31
	Liitteet	
	Liite 1. Kokousmuistio 1	
	Liite 2. Kokousmuistio 2	
	Liite 3. Kokousmuistio 3	
	Liite 4. Puhelinkeskustelu 1	
	Liite 5. Puhelinkeskustelu 2	
	Liite 6. Arvovirtakaaviot (Vain työn tilaajan käyttöön)	
	Liite 7. Testipöytäkirjat (Vain työn tilaajan käyttöön)	

## Lyhenteet

5S	Lean-työkalu
BUFR	Binary universal form for the representation of Meteorological data
ECO	Engineering Change Order, muutosmääräys
ECR	Engineering Change Request, muutospyyntö
ERP	Enterprise Resource Planning, toiminnanohjausjärjestelmä
JIT	Just In Time
JOT	Juuri Oikeaan Tarpeeseen
LCM	Life Cycle Management
Lean	Toyotan kehittämä tuotantojärjestelmä
PDM	Product Data Management, tuotetiedon hallinta
SDR	Software Defined Radio
WMO	World Meteorological Organization

## **1 Johdanto**

Tämä insinöörityö on tehty Vaisala Oyj:lle. Työn tavoitteena on parantaa tuotantoprosessia ja päivittää maakalustotiimin työohjeet. Työ sisältää tarkkoja tietoja tuotantoprosessista sekä mittaustuloksia, minkä takia työ on liitteiden 6 ja 7 osalta salainen.

Työn ensimmäinen tavoite on päivittää ja kehittää tuotannon työohjeita Lean-tuotantojärjestelmän näkökulmasta. Vaisalassa on otettu käyttöön Lean-tuotantojärjestelmä, jonka vuoksi tuotantodokumentit pitää päivittää. Periaatteiden soveltaminen on aloitettu MW31-luotausjärjestelmässä, jota tämä insinöörityö käsittelee, jo vuonna 2010. Tässä työssä halutaan yhdistää tuotannon työohjeet ja Lean-työohjeet. Toisena tavoitteena on kehittää tuotantoprosessia lyhentämällä kyseisen tuotteen läpimenoaikaa. Työn tavoitteena on luoda MW31-tuoterakenteelle tuotekansiot, jotka sisältävät päivitettyt työohjeet ja tuoterakenteet. Työssä pyrittiin myös kehittämään prosessia karsimalla ylimääräiset työvaiheet ja kartoittamalla nykyiset vaatimukset ja työmenetelmät, joita Lean-työympäristössä vaaditaan. Tässä insinöörityössä jatketaan MW31-tuotantoprosessin parantamista siitä, mihin projekti vuoden 2010 jälkeen oli jäänyt. Työohjeiden päivittämisellä pyritään yhdenmukaistamaan MW31 tuotteisto muiden Vaisalan tuotteiden työohjeiden kanssa.

## **2 Luotauskalusto Vaisalan tuotteissa**

Luotausjärjestelmät ovat Vaisalan tuotteista tunnetuimpia. Ne ovat olleet tärkeä osa Vaisalan kasvua kansainväliseksi mittaus- ja säähavaintolaiteryritykseksi. Vaisalan liikeidea perustuu Vilho Väisälän kehittämän radioluotaimen ympärille. [8.]

### **2.1 Luotauksen perusteita**

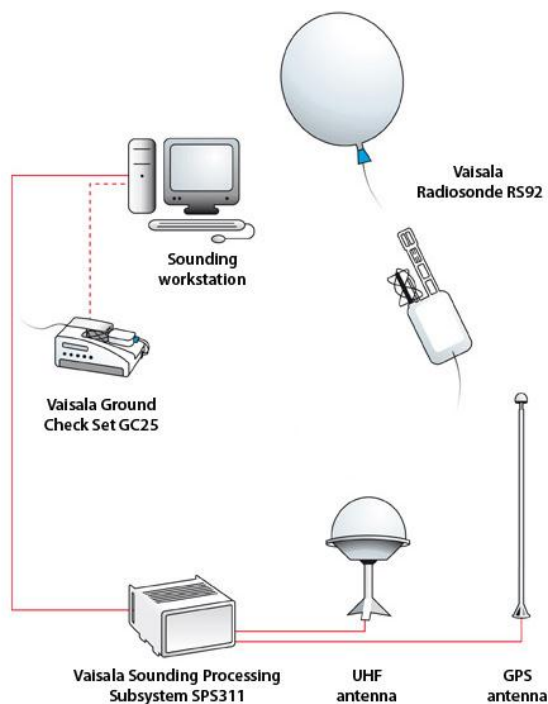
Vilho Väisälä julkaisi ensimmäisen kaupallisen radiosondin vuonna 1936. Tästä alkoi Vaisalan urauurtava matka ilmakehäluotauksen edelläkävijänä. Vaisala tarjoaa luotettavaa mittauskalustoa meteorologisille organisaatioille, puolustusvoimille ja muille säästä riippuvaisille tahoille. Radioluotaus on säänennustamisen kannalta tärkeää. Sen avulla voidaan mitata ilmakehää maanpinnasta jopa 30 km:n korkeuteen. Radioluotaukses-

ta saatuja tuloksia käyttävät erilaisiin sovelluksiin niin yliopistot kuin ilmatieteilijät. Vaisalan kaikki tuotteet noudattavat standardeja ISO 14001, ISO 9001 ja AQSP2110. [8; 18]

Radioluotain mittaa ilmakehän painetta, lämpötilaa, suhteellista kosteutta sekä tuulennopeutta ja -suuntaa. Näiden perusominaisuuksien lisäksi Vaisala tarjoaa radioluotaimia, jotka mittaavat otsonia ja radioaktiivisuutta. [18.]

## 2.2 MW31

Vaisalan DigiCORA<sup>®</sup>-luotausjärjestelmä eli MW31 vastaanottaa ja käsittelee luotausdataa. Meteorologiset tiedot voidaan myös arkistoida ja välittää eteenpäin. Järjestelmä tukee WMO:n suosittelemia BUFR-viestejä. Luotausjärjestelmään kuuluu alijärjestelmä, johon luotauksen käsittely perustuu, työasema, antennit ja maavertauslaite, jolla viriteään PTU-anturit ja jolla luotaimen lähetystaajuutta voidaan säätää. Järjestelmänä GPS-järjestelmän ja radioluotaimen kanssa se tuottaa jatkuva tuulitietoa ja mittaa PTU:ta. [16; 17; 18.]



Kuvio 1. MW31 luotausjärjestelmä [17].



### 2.2.1 Antennit

MW31 sisältää monta erilaista antennikokoonpanoa. Antenneja on eri sovelluksiin niin kiinteisiin asennuksiin kuin liikuteltavaan käyttöönkin. Yleisimmät käytössä olevat antennit ovat RB31, GA31, RM32. Antenneina käytetään UHF- tai GPS-antenneja tai niiden yhdistelmää. UHF-antennia käytetään luotaimen tietojen vastaanottoon ja GPS-antennilla vastaanotetaan paikkatietoja. [17.]

Telemetry-antenni RB31:ta ohjaa automaattisesti Vaisalan telemetryvastaanotin. Se toimitetaan valmiina yksikkönä. Standardikokoonpano sisältää asennusjalustan ja erikoissovelluksiin pylväsmastokiinnityksen. Se sisältää kuusi monopolia ja ristidipolin. Telemetryvastaanotin valitsee parhaimman antennielementin signaalin vastaanottamiseen. [19.]

GA31 on Vaisalan GPS-antenni. Sen tehtävänä on tuottaa järjestelmälle paikkatietoja suoraan GPS-satelliiteilta. GPS-antenni täytyy sijoittaa paikkaan, josta sillä on esteetön linja GPS-satelliiteille. Paras paikka on sellainen, jossa on vapaa näkymä jokaiselta suunnalta keskitaivaalta horisonttiin. GA31-kokoonpano sisältää 1,5 metrin alumiinimaston ja mastokiinnikkeen sekä 33 metrin kaapelin. [3.]

Toinen telemetryvastaanotin on RM32, joka on suuntaamaton UHF-antenni. Se vastaanottaa DigiCORA<sup>®</sup>-luotausjärjestelmän avulla radiosondisignaaleja 400 MHz:n kaistalla. RM32 sisältää kaksi antennielementtiä. Luotausjärjestelmä valitsee käyttöön sen antennielementin, joka vastaanottaa signaalia paremmin. RS92-SGP-radioluotaimen toimintasäde voi olla jopa 200 km. Se sopii erinomaisesti kiinteisiin asennuksiin ja on helppo asentaa ulkoiseen mastoon jalustan alaosassa olevalla asennuskiinnikkeellä. [2.]

### 2.2.2 SPS311

SPS311 on luotauksen prosessoinnin alijärjestelmä. Se vastaanottaa radioluotainsignaaleita käyttäen SDR-teknologiaa. SDR on paljon käytetty sovellus muun muassa matkapuhelintukiasemissa sekä julkisissa turvaradioissa. SPS311 vastaanottaa radioluotain- ja GPS-signaaleja antennien ja SDR-vastaanottimen avulla. SPS311 välittää kerätyn tiedon luotauksoaseman käyttöön, missä se käsitellään ja arkistoidaan. [5.]

### 3 Tuotetiedon hallinta

#### 3.1 Tuotetiedon hallinnan osa-alueet

Tuotetiedon hallinta, PDM, tarkoittaa usein tietojärjestelmää, jonka avulla ylläpidetään ja kehitetään tuotetietoa. Tuotetieto käsittää kaiken tiedon yrityksen tuotteista myyntidokumenteista työpiirustuksiin. Yleensä sitä käytetään tuotekehityksen tukena, mutta muutkin sovellukset ovat mahdollisia. Tärkeimpänä tehtävänä on valmistettavien tuotteiden tuotetietojen hallinta. Tuotetiedon hallinnalla pyritään takaamaan tietojen uudelleenjakelu ja päivittäminen sekä pyritään parantamaan ja nopeuttamaan tietojen päivittäistä käyttöä. Tuotetieto voidaan jakaa kolmeen osa-alueeseen seuraavasti:

- Tuotemäärittely, joka käsittää tuotteen fyysiset ja toiminnalliset ominaisuudet.
- Elinkaaritiedot eli tiedot suunnitteluun ja valmistukseen liittyvistä prosesseista.
- Metatieto eli tieto missä muodossa tuotetieto on ja kuka sitä on käsitellyt tai muokannut. [4.]

#### 3.2 Tuotetietohallintajärjestelmän tehtävät

Tuotetietohallintajärjestelmä pyrkii kokoamaan ja hallitsemaan tietoa yrityksen liiketoimintaprosesseista. PDM-järjestelmä sisältää monia ominaisuuksia, joilla voidaan hallita tuotetietoa. Tärkeimmät ominaisuudet tämän insinööriyön kannalta ovat

- tuoterakenteen hallinta ja ylläpito
- dokumenttien ja nimikkeiden statuksen ylläpito
- muutosten hallinta ja
- tiedostojen ja dokumenttien hallinta.

Dokumentteihin tehdään muutoksia ajan kuluessa monista eri syistä. Yleisimpiä syitä ovat esimerkiksi muutos tuotantomenetelmässä, suorituskyvyn parantaminen, kustannusten vähentäminen tai dokumentin ylläpito.

Dokumentin päivittämisestä jää merkintä PDM-järjestelmään. Dokumentin versiointi on yleinen tapa ylläpitää selkeää muutosprosessia. Versioinnilla varmistetaan, että uuden ja vanhan dokumentin ero on selkeä. Yleisin tapa ilmoittaa version muutos on kirjaintunnus, esimerkiksi A, B, C, D..., missä A tarkoittaa ensimmäistä versiota ja B toista ja niin edelleen. Uusi versio on tarpeellista luoda, kun tehdään muutoksia dokumenttiin tai muuhun tuotetietoon. PDM-järjestelmä seuraa kaikkia dokumentille tehtäviä toimenpiteitä niin tulostuksia kuin muutosmääräyksiä eli ECOja.

Dokumentti voi vaikuttaa moneen tuotteeseen samanaikaisesti. Esimerkiksi sama testausväline voi liittyä monen eri tuotteen testaukseen. Dokumentit voidaankin jakaa erilaisiin lajeihin, esimerkiksi

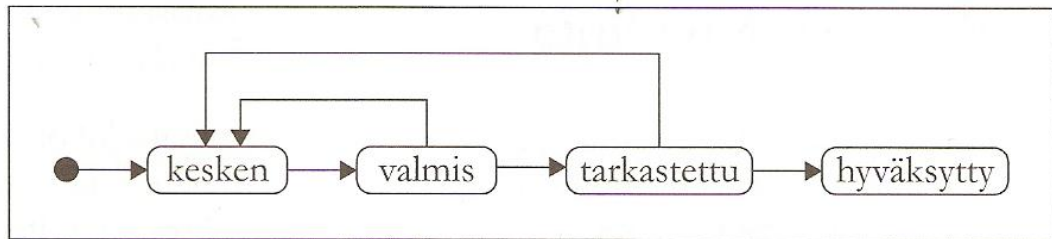
- Projektidokumentit, kuten projektisuunnitelmat, aikataulut ja muistiot
- Prosessidokumentit, kuten prosessikaaviot
- Ohjelmistodokumentit, kuten testiasiakirjat ja tietovuokaaviot
- Valmistusdokumentit, kuten kokoonpano- ja testausohjeet, pakkausohjeet, piirustukset

Tässä työssä tullaan käsittelemään valmistusdokumentteja ja jonkin verran prosessidokumentteja.

Tiedon haku ja etsintä on tärkeä osa PDM-järjestelmää. PDM-järjestelmässä tiedonhaku pyritään helpottamaan antamalla tiedolle aputietoa, joka auttaa järjestelmää tiedon jäsentämisessä. Tämä mahdollistaa dokumenttien haun ilman, että se vastaisi täydellisesti hakukriteerejä.

PDM-järjestelmässä dokumentin elinkaari noudattaa yleisesti seuraavia vaiheita: luonnos, valmis tarkastettavaksi, tarkistettu, hyväksytty, vapautettu jakeluun, arkistoitu

vanha dokumentaatio. Kuvio 2 esittää dokumentin laadintaprosessin eri vaiheita PDM-järjestelmässä.



Kuvio 2. Dokumentin laatimisprosessi [1].

Dokumenttien ja rakenteiden muutosten hallinta toteutetaan keskitetysti PDM-järjestelmässä. Tämä mahdollistaa muutosten hallitun toteuttamisen ja muutosten tiedottamisen tarvittaviin osastoihin. Hallitulla toteuttamisella tarkoitetaan ennalta määrättyä toimintatapaa, joka takaa jokaisen muutosprosessin yhdenmukaisuuden.

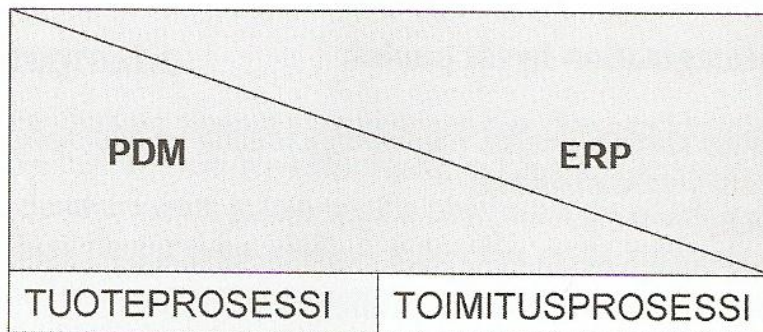
Muutosprosessi käynnistetään jättämällä muutospyyntö ECR. Tämän jälkeen julkaistaan muutosmääräys ECO. ECO voidaan julkaista myös yksinään ilman ECR:ää. ECR määrittelee muutoksen kohteen ja ilmoittaa kaikki dokumentit ja nimikkeet, joihin muutos vaikuttaa. Syitä tehdä muutospyyntö ovat

- dokumentointivirhe
- asiakaspalautteeseen tai reklamaatioon perustuva tuoteparannus
- tuotannon kehittämiseen perustuva tuoteparannus tai
- uusi versio.

Mahdollisuudet PDM-järjestelmän hyödyntämiseen tuotannossa ovat melko vähäiset. Se toimii kuitenkin tuotekehityksen ja suunnittelun kommunikointivälineenä tuotannolle. Sen avulla pystytään helposti ilmoittamaan tulevista muutoksista tuotannolle, ja tuotanto pystyy tiedottamaan tarvittavista muutoksista sekä kehitysehdotuksista eteenpäin muutostenhallintatyökalun avulla.

PDM-järjestelmä harvoin pitää sisällään tuotannonohjausjärjestelmää. Se on järjestelmä, joka on erikoistunut tiedon järjestämiseen. Onkin mahdollista, että yrityksellä on erikseen PDM-järjestelmä sekä tuotannonohjausjärjestelmä eli ERP-järjestelmä. Näiden järjestelmien toiminnot jokainen yritys määrittää itse. Tämän insinööriyön case-yrityksessä järjestelmät on jaettu niin, että PDM- ja ERP-järjestelmät ovat erillään toisistaan. PDM-järjestelmä toimii dokumentin hallinnassa, kun taas ERP-järjestelmä vastaa toiminnan hallinnasta.

PDM- ja ERP-järjestelmien toiminnot ovat yleensä jonkin verran päällekkäisiä. Näin tarvittavat tiedot pystytään hyödyntämään hallitusti molemmissa järjestelmissä (kuvio 3).



Kuvio 3. PDM ja ERP yleinen jaottelu toimintaprosesseissa [4].

### 3.3 Tuotetiedon hallinnan rooli tuotannon tehostamisessa

Tuotetiedon hallinta on tärkeä osa toimivaa tuotantoa. Useissa yrityksissä suuri osa ajasta kuluu jo olemassa olevien tuotteiden dokumenttien etsimiseen ja selvittämiseen. PDM-järjestelmällä tieto pyritään saamaan kaikkien ulottuville ja helposti saataville. PDM-järjestelmän puuttuminen jättää tuotetiedon muistinvaraiseksi, eikä tieto ole kaikkien saatavilla. Hyvin suunniteltu PDM-järjestelmä tukee toimivaa ja tehokasta prosessia.

Hyvän laadun tavoittelulla on suuri merkitys operatiivisen toiminnan tehostamisessa. Suoraviivainen tuotantoprosessi parantaa laatua. PDM-järjestelmän tarkoituksena on jäsentää tarvittava tieto tehokkaasti ja suoraviivaisesti, parantaen prosessin läpimeno-aikaa laatua tukien. PDM-järjestelmän muutostenhallintatyökalujen avulla voidaan taata

tuoteprosessille täydellinen jäljitettävyyys, sillä se tallentaa kaikki dokumentteihin tehdyt muutokset ja lisäykset sekä aikaisempia dokumentteja voidaan palauttaa.

Kansainvälisen kilpailun kasvu 1990-luvulla kiinnitti yritysten huomion prosessien hallintaan. Hallinnan tavoitteena on nopeuttaa ja virtaviivaistaa yrityksen ydinprosesseja. Vaikka tuotteet ovat pääsääntöisesti hyviä ja toimivia, tuotantoprosessi tai muutosprosessi voi olla liian hidas ja kallis. Tällöin yritys ei saa tuotteista maksimaalista katetta. PDM-järjestelmän avulla pyritään parantamaan tuotetiedon hallintaa ja nopeuttamaan suunnitteluprosessia. Myös tuotetiedon hyvä hallinta auttaa yritystä vastaamaan markkinavaatimusten muutoksiin nopeasti. Tätä samaa ideaa sovelletaan myös Toyotan kehittämässä Lean-tuotantofilosofiassa. [1; 4.]

## **4 Lean**

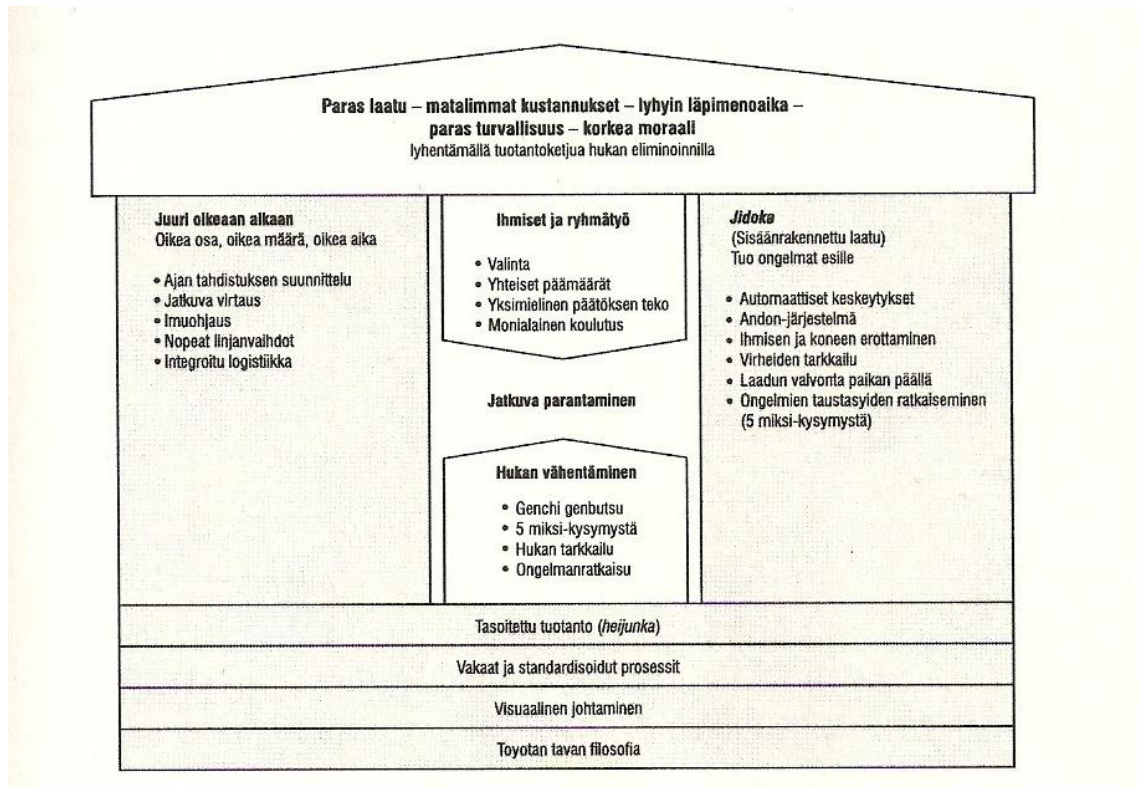
Nykyisin yritykset joutuvat kilpailemaan hinnalla, toimitusajalla ja laadulla. Tähän tarvitaan hyvää tuotannonohjausta sekä prosessien hallintaa. Tuotannon tehostamisella pyritään juuri edellä mainittuihin seikkoihin [6]. Vuonna 1980 japanilainen autoteollisuusalan yritys Toyota sai ensimmäistä kertaa maailmanlaajuista huomiota, kun huomattiin, että sen laatu ja tehokkuus olivat omaa luokkaansa [9]. Toyotan vahvuus oli sen kehittämä tuotantojärjestelmä Lean, jota kutsutaan myös Toyotan tuotantojärjestelmäksi. Toyotan malli on otettu käyttöön lähes kaikilla aloilla viime vuosikymmenen aikana. [6; 9.]

### **4.1 Filosofia ja periaatteet**

Lean-tuotantojärjestelmä on järjestelmä, joka ylettyy koko organisaatioon. Siihen kuulu erilaisia työkaluja, joilla tuotantojärjestelmän toimintaa ylläpidetään. Näitä ovat esimerkiksi 5S ja ”juuri oikeaan aikaan”. Lean-tuotantojärjestelmää voidaankin kuvata niin sanotulla Lean-talolla, jonka perustana on tasainen tuotanto ja peruspilareina tarvittavat työkalut (kuvio 4). [9.]

Lean-järjestelmän perusajatuksena on poistaa hukka. Hukka on työntekoa, joka ei sisällä arvoa lisäävää työtä. Esimerkiksi hukkaa työympäristössä luovat työntekijöiden ja tavaroiden liikuttelu paikasta toiseen ilman tarkoitusta sekä ylimääräiset ja turhat työ-

vaiheet tuotantoprosessissa. [10.] Lean-ajattelu määrittelee hukalle seitsemän muotoa. Ne ovat ylituotanto, odottelu, tarpeeton kuljettelu, ylikäsittely tai virheellinen käsittely, tarpeeton varastointi, tarpeeton liikkuminen ja vialliset tuotteet. [9.]

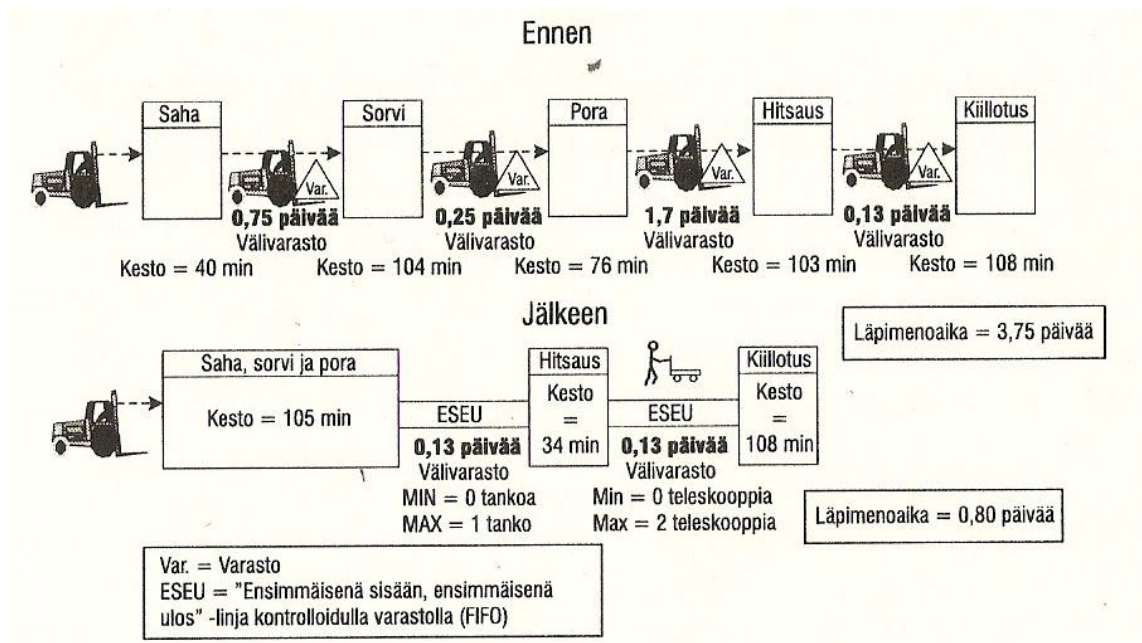


Kuvio 4. Toyotan tuotantojärjestelmä ns. Lean-talo [9].

Lean-järjestelmän tavoitteena on luoda juuri sitä mitä asiakas haluaa minimoiden tuotannossa tarvittavat resurssit [14; 10]. Lean-ajattelu koostuu viidestä periaatteesta.

Ensimmäisenä on *arvon määrittäminen*. Arvon voi määrittää vain asiakas, ja sen toteuttaa tuottaja. Toinen on *arvovirran määrittäminen*. Arvovirta määräytyy tuotteen valmistusprosessin mukaan. Se alkaa suunnittelusta ja päättyy valmiiseen tuotteeseen. Sen määrittäminen on Lean-ajattelun tärkeä askel, ja sen avulla voidaan selvittää suurin osa hukasta, jota tuotantoprosessi sisältää. Arvovirta-analyysissa esiintyy kolmea eri työn laatua. Suurin osa on välttämätöntä arvoa lisäävää työtä, toisena lajina on arvoa lisäämätön työ, joka on kuitenkin välttämätöntä. Kolmas laji on kokonaan arvoa lisäämätön työ. Arvovirtaa kuvataan arvovirtakaaviolla. Sen avulla pyritään kuvaamaan nämä kolme työnlaatua ja muokkaamaan tuoteprosessia niin, että vain työn ensimmäinen

laji jäisi jäljelle. Kuvio 5 esittää erään tuotantoprosessin kehitystä arvovirtakaavion avulla.



Kuvio 5. Arvovirtakaavio erään tuotteen tuotantoprosessin kehittämisessä [9].

Kolmantena Lean-periaatteena on *virtaus*. Virtaus voidaan ottaa käyttöön, kun kaksi edellistä periaatetta on otettu käyttöön. Virtaus on asiakaslähtöisen tuotannon perusta. Asiakkaan tilauksesta käynnistyy tuotantoprosessi, jonka päämääränä on, että tilauksesta valmiiseen tuotteeseen kuluisi mahdollisimman vähän aikaa. Virtauksella tavoitellaan tuotantoprosessin ajan lyhentämistä, laadun parantamista, kustannusten pienentämistä sekä lyhyempää toimitusaikaa. Virtauksen tavoitteena on myös paljastaa prosessissa oleva hukka. Se yhdistää monia Lean-työkaluja ja näin pakottaa niitä toimimaan. Virtauksessa pyritään yleensä yksiosaiseen virtaukseen. Sen hyötyjä ovat varastokustannusten pieneminen, tuottavuuden paraneminen sekä sen sisäänrakennettu laatu. Sisäänrakennettu laatu syntyy, kun prosessi estää tuotteen etenemisen seuraavaan vaiheeseen, mikäli se on vikaantunut. Työntekijät toimivat tässä laaduntarkkailijoina. Yksiosaista virtausta ei kuitenkaan voida soveltaa kaikkialle. Se ei ole todellinen tilanne vaan pyrkimys. Kun jatkuvaa virtausta ei voida soveltaa, silloin otetaan käyttöön puskurivarastot. Puskurivarastoilla tarkoitetaan sellaisia varastoja, joihin tuotteita valmistetaan aina tietty määrä valmiiksi, ja tuotteet edelleen käytetään myyntitilauksille.



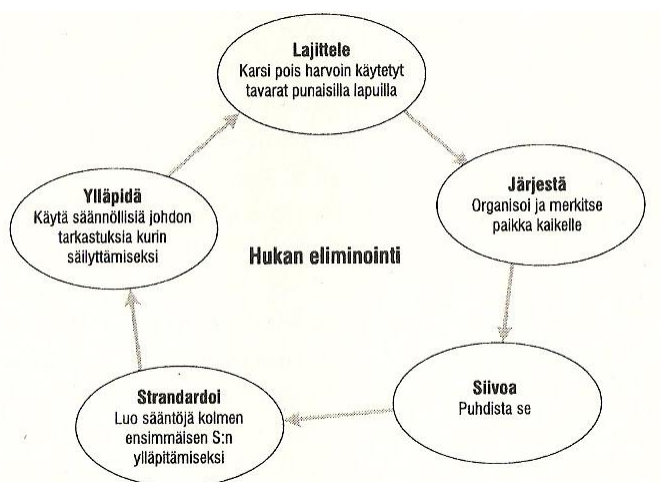
Neljäntenä periaatteena on *imuohjaus*. Imuohjauksen tarkoituksena on saada tarvittavat materiaalit ohjautumaan tilauksen mukaisesti. Jokainen komponentti ja varastoon valmistettava tuote tuotetaan vasta sitten, kun sille on tarvetta. Näin voidaan vähentää ylituotantoa sekä vähentää välivarastojen tarvetta.

Viides periaate on *täydellisyyteen pyrkiminen*. Se tarkoittaa jatkuvaa kehittämistä ja siihen perustuukin jatkuvan parantamisen ideologia. Jatkuvan parantamisen perustana ovat standardoidut tehtävät. Se myös tukee sisäänrakennettua laatua. Standardoinnilla pyritään tiukkoihin toimintaohjeisiin, jotka kuitenkin antavat mahdollisuuden työntekijöille kehittää toimintaohjeita. [9; 10.]

#### 4.2 5S-työkalu

5S on yksi jatkuvan parantamisen työkaluista. Se on visuaalisen ohjauksen työkalu, jonka tarkoituksena on tehdä ongelmat näkyviksi. Esimerkiksi massatuotannossa, jossa ei käytetä 5S-mallia, hukat ja virheet kasaantuvat ja ne voivat muodostua virheellisiksi toimintatavoiksi, jotka hyväksytään käyttöön.

S-kirjaimet tulevat japanin kielestä ja kuvaavat koko toimintamallin sisältöä. Ne ovat erottele (Seiri), yksinkertaista (Seiton), puhdista (Seiso), systematisoi (Seiketsu) ja standardoi (Shitsuke) (kuvio 6). [7.]



Kuvio 6. Viisi S:ää [9].

5S:n tehtävänä on ylläpitää tuotantoympäristön siisteyttä ja selkeyttä ja poistaa hukkaa. 5S voi olla osana isompaa laadun- ja tuotannonparantamishanketta tai sitä voidaan käyttää yksinään selkeyttämään tuotantoa. 5S lisäksi parantaa tuotteiden laatua, lisää työiihtyvyyttä sekä alentaa läpimenoaikaa ja kustannuksia.

Ensimmäinen 5S-vaihe on *erottelu*. Työpisteissä erotellaan tavarat, joita tarvitaan, ja joita ei tarvita. Tavarat, joita ei tarvita, merkitään punaisilla lapuilla ja joko hävitetään tai varastoidaan muualle. On myös tärkeää, että esimerkiksi työkalut on merkitty, sillä tavalla ne löytävät oikeille paikoille. Tavaroiden erottelusta vastaavat työntekijät ja heidän esimiehensä. Lisäksi valmistuksen johto voi osallistua erotteluun.

Toinen vaihe on *yksinkertaistaminen*. Tässä vaiheessa tavaroille määritellään omat merkityt paikat ja tavarat merkitään tarvittavilla merkinnöillä. Kun tavaroilla on oma paikka, ei niitä tarvitse etsiä ja näin säästyy aikaa, jota kuluu etsimiseen.

Kolmas 5S-toiminnan vaihe on *puhdistaminen*. Työpisteistä luodaan helposti siistinä pidettävät. Työkalut huolletaan säännöllisin väliajoin ja pidetään tuotantotilat hyvässä kunnossa. Tällä voidaan vaikuttaa positiivisesti työhyvinvointiin, esimerkiksi työturvallisuuteen, sekä auttaa tehokkuutta edistävien menetelmien kehittämisessä. Vaiheessa kolme pyritään myös sijoittamaan tarvittavat tavarat sellaisille paikoille, ettei etenkään painavia tavaroita tarvitse siirtää pitkiä matkoja työpisteelle.

Neljäs vaihe on *systematisointi*. Se yhdistää kolme edellistä vaihetta. Niiden menettelytavat pitää luoda niin, että ne tukevat jatkuvaa toimintatapaa. Systematisointi on yksittäisen työntekijän henkilökohtaisen siisteyden ja järjestyksen ylläpitoa. Luomalla 5S-tavoitteita ja auditointeja työympäristölle tuetaan työntekijän halua suorittaa 5S:n vaatimat rutiinit.

Viides vaihe on *standardointi*. Kaikki edelliset vaiheet pyritään saamaan sellaisiksi, että ne muuttuisivat rutiineiksi ja kuka tahansa pystyy ylläpitämään järjestystä. Tarkoituksena on saavuttaa sellainen toimintamalli, että kuka tahansa voi määrittää työtilan statuksen ja huomata, mikäli jokin poikkeaa standardista. 5S-toiminnan tukena käytetään yleensä myös erilaisia työlehtiä sekä taulukoita. Sen toteutumista arvioidaan esimerkiksi työntekijöiden itsearviointilla. Näillä työkaluilla on helppo valvoa luotujen rutiinien ja standardien tilaa. [7.]

Visuaalisessa ohjauksessa on myös tärkeää, että dokumentaatio on visuaalista. Eräessä esimerkissä koko budjetointisuunnitelma on mahdutettu yhdelle A3-paperiarkille. A3-paperiarkin käytön perusteena on, että se mahtuu faksiin. Nykyinen suunta on, että siirryttäisiin käyttämään A4-arkkia, pyrkien mahduttamaan kaikki aineisto yhdelle sivulle. Yhden arkin idean pohjana on ajattelu, vähemmän on enemmän. Nykyisessä yhteiskunnassa tietokoneiden käyttö on yleistä, joten ollaankin luopumassa paperidokumentaatiosta. Nykyisin tietokoneet ja yrityksen sisäinen verkko tarjoavat nopean tiedonvälityksen sähköisesti. [9.]

5S-toiminnalla saavutetaan lukuisia hyötyjä, esimerkiksi läpimenoaika lyhenee ja työviihtyvyys paranee sekä se parantaa yrityksen imagoa. Myös epäonnistuminen 5S-ympäristön luomisessa on mahdollista. Jos perusajatukseseen ei ole tarpeeksi perehdytty ja asenteet eivät tue uuden toimintamallin vakiinnuttamista, voi 5S-toiminnasta muodostua vain aikaa vievää hukkaa. On myös tärkeää ottaa huomioon, että vanhojen tapojen korvaaminen uudella on aikaa vievää ja vanhoista tavoista pois oppiminen on vaikeaa. Siksi vakiinnuttamisprojektin tulee olla pitkäjänteinen. [7.]

#### 4.3 JOT/JIT-tuotanto

Lean-toimintaan kuuluu myös JIT-tuotanto. Se tarkoittaa ”juuri oikeaan aikaan” (Just In Time)-tuotantoa. Suomen kielessä käytetään yleensä lyhennettä JOT, joka tulee sanoista ”Juuri Oikeaan Tarpeeseen”. Se on yksi Lean-talon peruspilareista laadunohjauksen ja ennakoivan kunnossapidon lisäksi [9]. JOT-tuotannon tavoitteena on, että tuote vastaa laadultaan asiakasvaatimuksia, läpimenoaika on mahdollisimman lyhyt ja sen arviointi on helppoa ja tuotteen hinta on mahdollisimman kilpailukykyinen. JOT-tuotannossa yksi hyvä ohjaustapa on imuohjaus. Jotta imuohjaus toimisi, pitää tuotantopisteiden olla järjestettynä soluperiaatteella siten, että tuotantopisteet ovat kokoonpanojärjestyksessä lähellä toisiaan ja materiaalivirtojen tulisi olla yksinkertaisia. Imuohjauksessa ohjataan vain tuotannon viimeistä vaihetta, kokoonpanoa, joka ohjautuu tehtyjen tilausten mukaan. Yksinkertaisuudessaan tilaus tilaa aina siihen tarvittavat komponentit. Tällä tavalla toimittaessa tuotteita ei valmistu liikaa eikä tarvita välivarastoja. Näin voidaan vähentää myös tuotantokustannuksia. Imuohjauksen tunnusmerkkejä ovat lyhyet kuljetus- ja odotusajat sekä se, että tuotannonohjaus tarkentuu tuotteen

loppuvalmistusta kohti. Solutuotantoon sopii parhaiten tuote, joka on kooltaan sellainen, että sitä on helppo käsitellä, ja moduulirakenteinen. [6.]

#### 4.4 Leanin ja 5S:n soveltaminen työohjeisiin

Periaatteessa 5S pyrkii siistimään työympäristöä puuttumatta niinkään tuotteiden sisäiseen prosessiin. Se kuitenkin liittyy olennaisesti myös dokumentoinnin parantamiseen. Koska 5S pyrkii siihen, että jokaisella tavaralla on paikkansa ja kaikki turha karsitaan pois, on dokumentoinnissa tärkeää ottaa tämä huomioon.

Kun kokoonpano-ohjeeseen on merkitty kaikki työkalut, joita kokoonpanossa tarvitaan, on helppo kerätä tarvittavat työkalut työpisteelle, tai jos käytössä on jokaiselle tuotteelle oma työpiste, niin sijoittaa tarvittavat työkalut tälle paikalle. Samoin myös testausohjeisiin merkitään testilaitteet selvillä merkinnöillä. Testilaitteisiin on merkitty numerot ja kuvaukset sen mukaan, millainen laite on kyseessä. Tämä on tehty myös sitä varten, että testilaitteen mennessä rikki voidaan se korvata helposti samat tekniset ominaisuudet täyttävällä laitteella. Mittalaitteissa on mittalaitenumerot, joiden avulla niiden nimeäminen toimii parhaiten. Testauksessa tarvittavat spesifioidut työkalut ja mittaus- ja kokoonpanoapuvälineet, esimerkiksi kaapelit, nimetään sovitulla tavalla.

Lean-ohjeiden tulee olla visuaalisia ja tukea luotua visuaalista tehdasta. Ohjeissa jokaisen työvaiheen pitää olla helposti tunnistettavissa sekä ulkopuolisen että työntekijöiden näkökulmasta. Kun ohjeet ovat tarpeeksi visuaaliset, voidaan helposti huomata, mikäli standardoidussa prosessissa ilmenee poikkeamia. Se helpottaa esimiestä esimerkiksi puuttumaan mahdollisiin virhetilanteisiin. Tuotantoprosessin ollessa visuaalinen ulkopuolistenkin on helpompi seurata työn edistymistä. Lean-toimintamallia varten työohjeiden pitäisi olla selkeät ja yksinkertaiset. Kaikki hukka pitää poistaa. Hyvien ohjeiden tunnus on myös se, että kuka tahansa pystyisi työn suorittamaan. Kun työohjeesta tehdään liian yksinkertainen, siitä voi jäädä pois jokin tärkeä työvaihe, jota uusi työntekijä ei osaa tehdä. Tästä syystä työohjeiden pitäisi palvella niin uutta kuin vanhaa työntekijää. Vanha työntekijä osaa tuotteen valmistamisen hyvin, joten ohjeiden pitää toimia niin sanottuna muistilappuna. Uusi työntekijä taas ei tiedä juuri mitään tuotteen valmistuksesta. Tämän vuoksi ohjeiden pitää olla niin yksiselitteiset, että uusi työnteki-

jä pystyy suorittamaan työn niin, että se laadullisesti vastaa kokeneemman työntekijän tasoa. (Liite 5.)

## **5 Dokumentointi**

### **5.1 Työohjeiden dokumentointi**

Työohje on dokumentti, jolla ohjeistetaan työntekijää suorittamaan työtehtäviä. Ohjeissa tehtävät on pyritty kuvaamaan työn suorittamisen kannalta parhaassa järjestyksessä. Selkeät työohjeet auttavat työntekijää suoraviivaiseen työprosessiin. Hyvällä ja selvällä dokumentoinnilla voidaan vaikuttaa työtehokkuuteen ja jopa asiakastyytyväisyyteen. Selkeät työohjeet varmistavat sen, että jokainen työntekijä tuottaa samanlaatuisia tuotteita. Ohjeiden avulla määritetään juuri oikeat työkalut ja testilaitteet, jolloin työntekijälle on selvää, mitä työn suorittamiseen tarvitaan.

Työohjeiden suunnittelussa apuna on hyvä käyttää yrityksessä käytössä olevaa mallipohjaa tai luoda hyvä mallipohja. Kun on luotu hyvä toimiva pohja työohjeille, sitä kannattaa käyttää myös muissa ohjeissa. Tällä tavoin saavutetaan yhdenmukaisuus, joka tukee tehokkaampaa työskentelyä. Työohjeiden yhtenäisellä muotoilulla saavutetaan tiedon helpompi sisäistettävyyys, sekä yhtenäinen muotoilu helpottaa ohjeiden seuraamista ja nopeampaa ymmärtämistä. Kun työohjeet noudattavat alusta loppuun samanlaista muotoilua, niitä on helpompi seurata ja ohjeen viesti on helpompi ja nopeampi ymmärtää.

Työohjeiden laatimisessa on kaksi tärkeää vaihetta. Ensimmäinen niistä on kirjoitusvaihe, jossa työvaiheet kuvataan tarpeeksi yksityiskohtaisesti ja jossa pyritään kuvaamaan todenmukainen valmistusprosessi. Toinen vaihe on viedä ohje konkreettisesti sinne, missä sitä käytetään. Vasta kun työohje on testattu käytännön tilanteessa, voidaan sanoa, täyttääkö se sille asetetut vaatimukset.

Työohjeita laatiessa on tärkeää ottaa myös huomioon, kenelle ohjeet on suunnattu. Ohjeiden sisältö ja tarkkuus riippuu myös työntekijöiden osaamisesta ja koulutuksesta. Ohjeiden loppukäyttäjää määrittää, millaista tietoa tuotantoprosessista ohjeissa pitää olla. Uusi työntekijä tarvitsee enemmän ohjausta kuin vanha. Kokeneelle työntekijälle

ohjeet vain tukevat tuotantoprosessia. Ohjeissa käytettävän kielen valinta on tärkeää. Kun kyseessä on kansainvälinen yritys, on otettava selvää millä kielellä ohjeet kannattaa toteuttaa. Jos ohjeille ei voida määrittää tiettyä kieltä, kannattaa ohje toteuttaa kuvilla. Kuvilla tuotantoprosessi voidaan selkeästi esittää kaikille.

Työohjeille ei ole olemassa standardoitua mallia. Niiden sisällön ja ulkoasun määrittää ohjeistettava työtehtävä. Työohjeiden kehittämisessä kannattaa hyödyntää käytössä olevia hyviksi todettuja ohjepohjia sekä työntekijöiden käsin kirjoittamia muistilappuja tai tuotteen muita dokumentteja. Hyvät työohjeet muokkautuvat virheiden ja onnistumisien kautta ja ne vaativat jatkuvaa parantamista. Hyvät työohjeet ja selkeä prosessi lisäävät työntekijöiden varmuutta. Selkeä eteneminen pisteestä A pisteeseen B tekee työnteosta mielekkäämpää ja suunnitelmallisempaa. Työnteon ennustettavuus paranee. Työnjohdon on myös helpompi nähdä selkeästä prosessista missä mennään, ja aikatauluttaa töitä oikealla tahdilla.

Kirjallisten työohjeiden merkitys kasvaa silloin, kun joku kokenut työntekijä jää pois. Hyvillä työohjeilla pyritään siihen, että tuotantoprosessi olisi kokonaisuutena dokumentoitu prosessi eikä se sisällä työntekijän tiedonvaraisia työvaiheita.

Vanhon työntekijöiden on vaikeampi sopeutua työskentelytapojen muutoksiin. Uudet, yksityiskohtaiset työohjeet saattavat tuntua turhilta. Onkin otettava huomioon työohjeita laatiessa myös kokeneemmat työntekijät. Heillä saattaa olla virheellistä tietoa tuoteprosessista, ja vanhojen toimintatapojen muuttaminen on hankalaa.

Työohjeet menettävät merkityksensä, jos niiden ylläpitoprosessi ei ole kunnossa. Ohjeet vaativat ylläpitoa ja päivittämistä silloin, kun muutokset koskevat ohjedokumentteja. Vanhentuneet työohjeet vaikuttavat tuotantoprosessin kulkuun negatiivisesti. Ne lisäävät virheiden mahdollisuutta ja näin vaikuttavat myös asiakastyytyväisyyteen ja tuotantoaikaan.

Hyvän työohjeen määritelmä on selkeä kirjallinen kokonaisuus, joka on ajan tasalla, se on johdonmukainen ja helppolukuinen sekä helposti kaikkien työntekijöiden saatavilla. [11; 12.]

## 5.2 Työohjeiden rakenne ja menetelmät

Dokumentointia varten on kehitetty monia erilaisia menetelmiä. Kun lähdetään päivittämään ja kehittämään dokumentointia, tässä tapauksessa työohjeita, on otettava huomioon dokumentin käyttötarkoitus: onko kyseessä kokoonpano-ohje, testausohje tai täytettävä pöytäkirja.

Rakenne on hyvän teknisen dokumentin perusta. Oikealla rakenteella voidaan saavuttaa lisäarvoa. Ohjeiden laadinta on aikaa vievä prosessi. Hyvän dokumentaation tuomat edut ovat kuitenkin tavoittelemisen arvoisia.

Koska rakenteella on suuri vaikutus dokumenttiin, on ensimmäinen vaihe määrittää työohjeiden tarkoitus. Sen avulla on helppo määrittää, millaista rakennetta ohjeiden olisi hyvä noudattaa. Seuraavaksi pitää määrittää ohjeen loppukäyttäjä ja käyttäjän taidot. Työohjeiden loppukäyttäjänä toimii yleensä työntekijä. Yleensä loppukäyttäjällä on eniten tietoa siitä, mikä prosessissa vaatii päivittämistä, joten laatimiseen kannattaa ottaa mukaan myös loppukäyttäjä. Näin saadaan määritettyä heidän huomaamansa tarpeet sekä koottua heidän tietonsa dokumentteihin.

Työohjeita laatiessa ensin kannattaa hahmotella kaikki prosessin työvaiheet ja tehdä muutama luonnos. Sen jälkeen täydentää tarvittavat kohdat lisätiedolla. Viimeistellyssä dokumentissa muotoilu on tarkistettu ja ensimmäisestä luonnoksesta on tehty tiivis kokonaisuus. Yleisesti hyvä jaottelu tekniselle dokumentille on otsikko, kappalejako, työvaiheet ja liitteet. Tämä määräytyy kuitenkin dokumentin tarpeiden mukaan.

Otsikointi on yleensä kuvaava ja ytimekäs. Siitä selviää mihin tarkoitukseen ohjeet ovat. Kappalejako ja työvaiheet muodostavat sisällön. Kappaleet määrittävät mitä pää-tason työvaiheita työhön kuuluu, esimerkiksi kappaleen otsikko voi olla osakokoonpanon nimi. Työvaiheilla kuvataan tarkemmin miten osakokoonpano valmistetaan. Yksi kappale voi sisältää useampia työvaiheita. Liitteinä työohjeissa on yleensä lisätietoja työvaiheista, työpiirustuksia tai muita lisätietoa tuovia dokumentteja. Liitteenä voi olla myös testiraportti, joka tulee täyttää työvaiheiden yhteydessä.

Hyvässä dokumentaatiossa kaikki työvaiheet on numeroitu. Näin ohjeesta on helpompi löytää tietty kohta ja ohjeen seuraaminen helpottuu. Myös ohjeissa olevat kuvat ja taulukot numeroidaan, näin niihin viittaaminen on selkeämpää.

Teknisten dokumenttien laatimiseen ei ole vain yhtä oikeaa menetelmää. Eräs menetelmä teknisen dokumentaation kehittämiseen on K.I.S.S, joka tulee sanoista Keep It Short and Simple. Sen periaate on pitää dokumentaatio yksinkertaisena. Dokumenttien ei pidä sisältää pitkiä työvaiheiden kuvauksia tai pitkiä yksityiskohtaisia selitteitä. Työohjeiden pitäisi olla mahdollisimman lyhyitä, selkeitä ja helppoja seurata. Yhteistä kaikissa menetelmissä on se, että dokumentista pyritään luomaan helposti ymmärrettävä. Lisäksi laatustandardi ISO 9001:2008 vaatii dokumentoituja työohjeita. [11; 13; 15.]

## **6 Case-yrityksen dokumentoinnin tila ja tarpeet alussa**

Vuonna 2010 Vaisalassa aloitettiin projekti, jonka tavoitteena oli MW31-järjestelmän kehittäminen Lean-tuotantoon. Insinööriyölle hyvän peruspohjan antaa se, että olen osallistunut kehittämisprojektiin jo sen alkuvaiheessa. Projektissa keskityttiin pääsääntöisesti parantamaan tuotantoalueen visuaalisuutta, lyhentämään toimitusaikaa ja kehittämään tuotantoprosessi nopeammaksi. Kehittämisprosessissa pyrittiin tilanteeseen, jossa hukka poistettaisiin kokonaisuudessaan tuotantoprosessista ja tuotteen läpimenoaika asiakkaan näkökulmasta lyhenisi merkittävästi. Dokumentaatio ei ollut keskeisessä asemassa tässä projektissa. Tuotteen tuoterakenteita, testiohjeita tai työohjeita ei ole päivitetty projektin muutosten mukaisiksi.

Tämän insinööriyön tarkoituksena on kehittää ja päivittää tuotannon dokumentit Lean-projektissa tehtyjen muutosten vaatimalle tasolle sekä jatkaa kehitystyötä. Vaisalassa ei varsinaisesti ollut työohjepohjaa Lean-tuotantoon. Lean-tuotanto vaatii selkeitä dokumentteja visuaalisen tuotannon tueksi. Vaisalassa oli muutamassa aikaisemmassa projektissa yritetty muuttaa vanhat tuotannon ohjeet helpommin seurattavaan ja visuaalisempaan muotoon. Yksi mahdollinen dokumenttipohja oli eräälle tuotteelle tehdyt ohjeet, jotka oli pyritty kehittämään Lean-tuotannon tarpeisiin. Nämä ohjeet on kehitetty solutuotantoa ajatellen, joka onkin yksi yleisimmistä Lean-tuotannon tuotantomuodoista.



## 6.1 Lähtötilanne

Aloituskokouksessa määriteltiin työlle tavoitteet ja sisältö. Työn tavoitteena on päivittää MW31-rakenteeseen kuuluvat ohjedokumentit ja luoda tarvittaessa ohjeet, jos sellaisia ei ollut. Tuotteille haluttiin luoda tuotekansiot, joissa on kaikki valmistukseen tarvittavat dokumentit. Päivittämisen yhteydessä oli tarkoitus myös selvittää tuotantoprosessissa olevat epäselvyydet, jotta prosessista saatiin selvä kokonaisuus. Lisäksi päivittämisen yhteydessä tavoitteena oli myös kehittää ohjeita niin, että tuotantoprosessista tulisi yksinkertaisempi ja selkeämpi. Tavoitteena oli myös tehdä selvitys tuotteiden päivityspaketeista ja niiden testausmenettelyistä. Lisäksi haluttiin selvittää mahdollisuus ohjata testiraportit suoraan verkkoon.

## 6.2 Dokumentoinnin tarpeet

Dokumentoinnissa keskitytään MW31-standardirakenteen tuotantodokumenttien päivittämiseen. Päivittämiseen kuuluvat tuotteet ovat MW31, RB31, RM32 (kuvio 7), SPS311 sekä GA31 ja sen alirakenne GA45007. Lisäksi SPS311:n ja MW31:n testausta kehitetään.



Kuvio 7. RM32-antennikokoonpano [2].

Dokumentoinnin päivittämisellä pyritään yhdistämään Lean-työohjeet ja tuotannon työohjeet mahdollisuuksien mukaan. Dokumentoinnin tarvetta ja mahdollista tuotteiden testauksen parantamista alettiin selvittää kartoittamalla tuotepäälliköltä mahdolliset asiakasreklamaatiot, jotka koskisivat tuotantovirheitä tai mahdollisia komponenttivikoja, jotka eivät jää kiinni nykyisessä testauksessa. Tuotepäällikön mukaan tuotantoprosessin virheisiin liittyen ei ole tullut reklamaatioita. Asiakastyytyväisyys tuotannon näkökulmasta on hyvä ja asiakkaat eivät ole reklamoineet valmistusvirheistä, joita olisi lopukokoonpanovaiheessa tullut.

Lean-ohjeiden ja tuotannon työohjeiden yhdistämisestä on käynnissä pilottiprojekti erilaisissa tuotekehitysprojekteissa. Pilottiprojektilla pyritään luomaan yhdistettyjä ohjeita tuotannon näkökulmasta. Toinen päätavoite on määrittää sellaisia työohjekäytäntöjä, joita voidaan käyttää hyväksi tulevilla tuotekehitysprojekteissa. Aiheesta kokoonnuttiin keskustelemaan pilottiprojektiin osallistuneiden kanssa, jotta tämä insinöörityö noudattelisi myös yrityksen suurempaa linjaa. Pilottiprojektin tavoitteen mukaisesti haluttiin luoda työohjeet, joita voidaan hyödyntää jatkossa muiden tuotteiden dokumenttien sekä uusien tuotteiden dokumenttien päivittämisessä. Mahdollisuutena on myös kehittää Lean-työohjepohja, joka voidaan ottaa käyttöön koko tuotannon tasolla. (Liite 2.)

Monet dokumenteista oli päivitetty 1990-luvun puolella välissä ja nekin, joita oli päivitetty tällä vuosituhannella, eivät täyttäneet Lean-ohjeiden ja käytössä olevien standardien määrittämiä vaatimuksia. Aikaisemmin dokumentit on jaoteltu näennäisesti kahden eri tyyppiin, kokoonpano-ohjeet ja testausohjeet. Lisäksi testausraporteille on omat vaatimuksensa.

MW31 Lean -projektin yhteydessä läpimenoajan parantamiseksi, MW31:n päärakennetta hajautettiin valmistuksen näkökulmasta. Tuotteet, joita oli mahdollista valmistaa ilman myyntitilausta puskurivarastoon, poistettiin päärakenteesta omaksi kokonaisuudekseen. Työohjeita ja muita dokumentteja ei kuitenkaan päivitetty. Tässä insinöörityössä erotetaan tuotantodokumentit vastaamaan nykyisiä valmistuskokonaisuuksia.

Dokumentaatio päätettiin toteuttaa suomen kielellä, koska pääsääntöisesti työntekijät ovat suomenkielentaitoisia ja se myös noudattelee koko tuotannon yleistä linjaa. Testiraportti on ainoa tuotannon dokumentti, joka voidaan lähettää myös asiakkaalle. Koska

Vaisalan tuotteista suuri osa menee vientiin, testausraportti päätettiin toteuttaa englanniksi, loppukäyttäjää ajatellen.

Ylläpidon näkökulmasta ohjeiden pitää olla helposti päivitettäviä. Tavoitteena on jaotella ohjeet selkeisiin kokonaisuuksiin, niin että tiedon poistaminen ja lisääminen on vaivatonta. Ohjeissa on myös otettava huomioon käytössä olevat tiedostomuodot ja niitä tukevat ohjelmat. Myös PDM-järjestelmä on otettava huomioon uutta ohjepohjaa kehittäessä. Ohjepohjaksi kannattaa valita jo olemassa oleva mallipohja, joka on määritetty PDM-järjestelmään. Tällä tavoin versiotiedot ja muut tarvittavat päivitystiedot päivittyvät varmasti dokumenttiin. Valitussa ohjepohjassa pitää tarkasti noudattaa siihen määritettyä muotoilua. Ohjeiden päivittämistä jatkossa hankaloittaa huono jaottelu, liiallinen turhien kuvien käyttö sekä tarpeettoman tiedon suuri määrä. (Liite 2.)

### 6.3 Kokoonpano-ohjeet

Työn alussa määritettiin dokumentaation tarvetta. Selvityksessä kävi ilmi, että suurimmasta osasta päivitettäviä tuoterakenteita puuttuivat selkeät kokoonpano-ohjeet. Kokoonpanot suoritettiin työpiirustusten ja kokeneemmilta työntekijöiltä opitun tiedon avulla. Toinen kokoonpano-ohjeiksi luokiteltu ohjetyyppi on tietokoneiden asennus ja siihen liittyvien muiden toimenpiteiden ohjeistaminen. Näitä ohjeita on päivitetty useasti vuosien aikana. Niiden päivittämisessä on tavoitteena ohjeiden selkeyttäminen. Ohjeiden pitää olla selkeät ja noudattaa samanlaista linjaa kuin muiden kokoonpano-ohjeiden. Näiden ohjeiden pitää olla erityisen helposti päivitettäviä, sillä konetyypit muuttuvat jatkuvasti ja ne poikkeavat yleensä toiminnoiltaan aikaisemmista konetyypeistä.

### 6.4 Testausohjeet ja -raportit

Testausohjeet on yleensä eroteltu kokoonpano-ohjeista. Tarkoituksena on selkeyttää kaksi eri työvaihetta. Yleensä testaus ja kokoonpano suoritetaan eri työpisteissä. Tässä osastossa kuitenkin tällainen järjestely ei ole tarpeen, sillä yleensä yksi työntekijä suorittaa kokonaisen laitteen kokoonpanon ja testauksen. Alkutilanteessa testiohjeet olivat huonosti ylläpidetyt ja vaativat paljon aikaisempaa tietoa tuotteesta. Testausohjeiden päivittämisen yhteydessä on helppo tehdä muutoksia myös testauskäytäntöihin.

Turhat testaukset haluttiin poistaa ja yhdenmukaistaa testikäytäntöjä. Esimerkiksi antennien testauksessa oli eroja, ja uusissa tuotteissa oli käytetty testausmenettelyjä, joita voidaan soveltaa tämän insinööriyön aikana päivitettäviin ohjeisiin ja testimenettelyihin.

Testausohjeissa pitää olla mainittuna testilaitteet ja selkeästi merkittynä, mitä testejä laite vaatii. Testausohjeissa tulee määrittää varoitukset ja tarvittavat suojavälineet, joita testauksessa tarvitaan.

Testausraporteista tulee käydä ilmi, mitä kokoonpanoja tuote sisältää. Lisäksi testiraportista tulee selvittää, millaisia testejä tuotteelle on tehty ja kuka tuotteen on testannut, sekä on mainittava testauksen ajankohta ja muut tarvittavat tiedot. Testiraportit arkistoidaan jäljitettävyyden parantamiseksi ja ne voidaan lähettää tarpeen mukaan myös asiakkaalle.

## 6.5 Tuotantoprosessin kehittämisen lähtökohdat

Prosessin kehittämisellä pyrittiin saamaan tuotteen tuotantoaika mahdollisimman lyhyeksi. Kehittämiseen käytetään Lean-mallin työkaluja. Dokumentoinnin kehittämisellä voidaan vaikuttaa suuresti tuotantoaikaan, prosessin kehittämisen ja hukan eliminoinnin ohella. Dokumentoinnissa otetaan huomioon kaikki valmistukseen tarvittavat dokumentit.

Vuonna 2010 aloitetussa Lean-projektissa läpimenoaikaa alkutilanteessa kuvataan arvovirtakaaviolla (liite 6). Arvovirtakaavion perusteella aloitettiin hukan eliminointi. Yksi suurimmista muutoksista on MW31:n päärakenteesta erotetut osarakenteet erikseen valmistettavaksi. Päärakenteesta erotetut osarakenteet ovat antennit ja SPS311. Tällä menettelyllä voidaan nopeuttaa MW31:n tuotantoprosessia asiakkaan näkökulmasta. Osarakenteiden erottamisen jälkeen kuvattiin tuoteprosessia uudella arvovirtakaaviolla. Alkutilanteeseen verrattuna tuotantoaika on lyhentynyt ja prosessista on saatu karsittua hukkaa. (Liite 6.) Seuraavaksi projektissa määriteltiin tuotantoprosessille visio 2013 (liite 6), jonka tasolle tässä työssä on pyritty.

Alkutilanteessa MW31-järjestelmätesti toteutettiin aitona luotauksena. Aito luotaus toteutetaan yleensä laadunvarmistusluotauksia hyödyntäen. Luotauksen kesto on yleensä

kolme tuntia. Siihen kuuluu lisäksi esivalmisteluja, jotka vievät aikaa. Yleensä luotauksia on noin kaksi päivässä. Mikäli ei ole pystytty hyödyntämään laadunvarmistusluotauksia, on voitu tehdä myös luotaus maakalustotiimin toimesta. Tällä hetkellä koeluotaus on MW31:n valmistusprosessin aikaavievin osa. Sen kehittäminen tai testijärjestelmien muuttaminen on seuraava askel MW31-tuotantoprosessin kehittämisessä.

Lean-projektin muutokset pakottavat ottamaan koeluotauksen käyttöön myös SPS311:n testauksessa. Aikaisemmin SPS311:n toiminta varmistettiin MW31-järjestelmätestin yhteydessä ja varaosille tehtiin testi erikseen. Koska SPS311 valmistetaan suoraan puskurivarastoon, on sen testeihin lisättävä koeluotaus, jotta se olisi täysin valmis tuote, kun se varastoidaan puskurivarastoon.

## **7 Case-yrityksen dokumentoinnissa saavutetut tavoitteet**

### **7.1 Tuotannon työohjeiden ja Lean-ohjeiden yhdistäminen**

Pilottiprojektissa Lean-mallipohja kokoonpano-ohjeelle on suunniteltu vastaamaan erityisesti solutuotannon tarpeita. Lean-mallipohjan ideana on keskittää yksi työvaihe yhdelle sivulle. Työvaiheet ovat nähtävissä jokaisella sivulla, tummennettuna se työvaihe, jota ollaan tekemässä. Paperin asennoksi oli valittu vaakasuunta.

Tuotteet, joiden dokumentteja tässä insinööriyössä päivitetään, ovat suurikokoisia ja niissä on vain muutama aktiivinen työvaihe, yleensä neljästä viiteen. Lisäksi tuotteiden valmistuserät ovat pieniä ja tuotteet ovat usein konfiguroitavia. Tuotteiden ominaisuudet eivät täytä solutuotantoon sopivien tuotteiden vaatimuksia eikä työvaiheiden määrä vaadi erikseen niiden listausta. Valmis Lean-mallipohja ei soveltunut suoraan käytettäväksi näiden tuotteiden ohjepohjaksi.

Tässä insinööriyössä ohjepohjaa suunniteltaessa otettiin huomioon case-osaston tuotteiden ja työntekijöiden tarpeet. Ohjepohjan suunnittelussa on käytetty apuna Lean-mallipohjan ideoita sekä muissa sovelluksissa ja tuotteissa käytettyjä mallipohjia. Työohjeita laatiessa pyrittiin käyttämään paljon kuvia visuaalisuuden saavuttamiseksi. Lisäksi päätettiin pitää paperin asento pystysuunnassa. Näin ohjeiden rakenne on selkeämpi ja helppolukuisempi.





## 7.2 Dokumentit

Tässä työssä päivitettyissä työohjeissa ohjeistetaan vain valmistusprosessi. Työohjeiden ulkopuolelle jätettiin muiden tarvittavien järjestelmien ohjeistaminen, esimerkiksi tuotannonohjausjärjestelmä. Laadituissa ohjeissa oletetaan myös uuden työntekijän perehdyttäminen ohjeistukseen ja järjestelmiin.

### 7.2.1 Kokoonpano-ohjeet

Kokoonpano-ohjeet pyrittiin jaksottamaan työpapereiden mukaan. GA31 ja sen alirakenne GA45007 käsittivät vain yhden työpaperin, jolloin kaikki työvaiheet saatiin sovitettua yhdelle sivulle. RM32-rakenne käsittää kolme eri osakokoonpanoa. Se jaettiin kolmeen osaan osakokoonpanojen perusteella, ja näin yhden osakokoonpanon ohjeistus on yhdellä sivulla. Tällä tavoin työpapereita pystyttiin hyödyntämään ja osat ovat selkeästi merkityt. Nämä tuotteet käsittivät kokoonpanon ilman testausta, jolloin ohjeet pystyttiin pitämään yksinkertaisina.

Kokoonpano-ohjeet sisältävät jokaisesta työvaiheesta yhden kuvan, joka esittää työvaihetta. Kuvan pitää olla selkeä ja selostaa työvaihetta niin hyvin, että koko työvaihe saadaan kuvattua yhdellä kuvalla. Kuvan lisäksi työvaiheesta on lyhyt kirjallinen kuvaus ja työvaiheet on numeroitu. Työohjeen etusivulla mainitaan lyhyt kuvaus tuotteesta ja muita tarvittavia yleistietoja. Lisäksi on lista tarvittavista työkaluista ja testaus- ja kokoonpanoapuvälineistä. Kokoonpano-ohjeissa työnkulku on kuvattu pystysuuntaiselle paperille, joka on jaettu kahdelle palstalle, ensin kuva ja sen vieressä kirjallinen selitys. Tällä tavalla työntekijä voi taustan ja kokemuksen perusteella valita, miten työohjeita hyödynnetään. Uudelle työntekijälle pelkkä kuva ei riitä ohjeistukseksi, mutta kokenut työntekijä näkee kuvasta helposti, mikä työvaihe on seuraavana vuorossa. Työvaiheet erotettiin numeroinnin lisäksi omiin lokeroihin, jolloin vaiheet saadaan myös visuaalisesti erotettua. (Kuvio 8.)

VAISALA		2(3)	
KOKOONPANO			
1.1 Kokoonpanon nimi			
	Työvaiheen kuvaus		
Kuva 1.			
	Työvaiheen kuvaus		
Kuva 2.			
	Työvaiheen kuvaus		
Kuva 3.			
	Työvaiheen kuvaus		
Kuva 4.			

Kuvio 8. Esimerkki kokoonpano-ohjeen asettelusta.

Tietokoneiden asennus ja kokoonpano-ohjeet jaettiin osakokonaisuuksiksi: prosessikaavioon, kokoonpano-ohjeisiin ja testiohjeisiin. Prosessikaaviot oli laadittu jo aikaisemmin, jolloin niihin oli sisällytetty myös ohjeistusta. Nyt niiden rakennetta selkeytettiin niin, että ne sisälsivät vain kuvauksen prosessista ja niistä viitataan tarvittaviin ohjeisiin. Tietokoneiden kokoonpano- ja asennusohjeita ei voitu laatia muiden kokoonpano-ohjeiden tapaan. Ilman kuvaavia tekstejä niihin olisi tarvinnut paljon kuvia ja ohjeista olisi tullut pitkiä eikä kuvista olisi saatu tarpeeksi yksiselitteisiä. Aikaisemmin tietokoneiden asennus- ja kokoonpano-ohjeet ovat sisältäneet myös testausta. Kun uudet ohjeet jaettiin osakokonaisuuksiksi, testaus erotettiin omaksi kokonaisuudeksi. Näin saadaan tuotteen valmistusprosessi selkeäksi sekä testiraportin täyttäminen helpommaksi, kun testiraportissa on selkeät numeroidut testausmenettelyt.

### 7.2.2 Kokoonpano ja testausohjeet

Osa tuotteista vaatii työohjeet, jotka sisältävät kokoonpano- ja testausohjeet samassa dokumentissa. Niiden testauksen ja kokoonpanon tekee yleensä yksi työntekijä, ja ne voidaan suorittaa yleensä samalla työpisteellä tai valmistusprosessi on niin yhtenäinen, että niiden erottaminen ei ole tarpeellista. Näissä ohjeissa ei ole pyritty käyttämään vain pelkkiä kuvia. Tavoitteena oli jokaisen työvaiheen kohdalla käyttää sitä parhaiten kuvaavaa ohjeistusta. Kokoonpano ja testaus on erotettu selvällä otsikoinnilla.

Ohjeet täyttävät kokoonpanon osalta visuaaliset tarpeet. Niihin lisättiin kuvia selkeyttämään työvaihekuvausta. Esimerkiksi RB31-ohjeissa tuotteen iso koko teki vaikeaksi kuvata työvaiheita pelkkien kuvien avulla. Työvaiheet on järjestetty valmistuksen vaatimaan järjestykseen.

Testiohjeosa noudattelee testausohjeelle asetettuja vaatimuksia. Testilaitteet ja tarvittavat välineet on määritelty ohjeen alussa, lisäksi ohjeisiin on lisätty kuva jokaisesta testilaitteesta, mikä helpottaa niiden tunnistamista. Testit on eroteltu selkeästi otsikoinnilla ja numeroitu. Tämä helpottaa testituloksen merkintää testiraporttiin. Testiohjeisiin ei ole lisätty juurikaan valokuvia. Testijärjestelyt on ohjeistettu selkeillä testikykentäkaavioilla.

### 7.2.3 Testiraportit

Testiraportin tarkoitus on kuvata tuotteen testausta ja testin tuloksia. Lisäksi siitä on tultava ilmi järjestelmään kuuluvien tärkeiden komponenttien ja osien jäljitettävyyys. Testiraporttina käytettiin valmista mallipohjaa, jota on käytetty jo muutamassa uudessa tuotteessa. Valmis pohja muokattiin täyttämään tuotteen ja Lean-tuotannon tarpeet. Testiohjeessa jokainen testivaihe on numeroitu. Testiraportissa testivaiheet on numeroitu samoin. Lisäksi testipöytäkirjasta löytyy lyhyt kuvaus siitä, mitä testi käsittelee ja miten testitulos merkitään testiraporttiin. Testitulos voidaan merkitä, joko "ok / fail" merkintänä tai lukuarvona, jonka rajat on määritelty testausohjeessa. Merkintätapa ja -rajat on merkitty myös testiraporttiin merkittyyn kuvaukseen. Eniten muutoksia tehtiin SPS311:n testiraporttiin. Aikaisemmin SPS311- ja MW31-testiraportit olivat yhtenäinen kokonaisuus. Nyt ne eroteltiin soveltuvilta osin. Lisäksi SPS311-testiraportista poistettiin osa sarjanumeroiden kirjauksesta. Poistetut sarjanumerokentät liittyivät alihankkijan



kokoonpanoon. Ne sarjanumerot voidaan tarvittaessa tarkistaa alihankkijan tietokannasta. SPS311 on saatavilla myös alasajossa olevalla antennisovelluksella. Alasajo ei ollut vielä siinä pisteessä, että tiedot olisi voitu kokonaisuudessaan poistaa testiraportista. Uuteen testiraporttiin kaikki tähän antennisovellukseen liittyvät merkinnät sijoitettiin omalle rivilleen. Näin ne on tulevaisuudessa helppo poistaa testiraportista. SPS311-testiraporttiin lisättiin lisäksi kohta, johon pitää määritellä ohjelmistoversio. Tällä pyrittiin ehkäisemään päivityksen unohtumista. Tuotteen päivittämisen unohtaminen tuottaa lisätyötä ja mahdollisesti asiakastyytymättömyyttä, mikäli tuote pääsee päivittämättömänä puskurivarastoon.

#### 7.2.4 Tuotekansio

Lopuksi tuotteille koottiin tuotekansiot. Niiden sisältö noudatteli jo olemassaolevien kansioden rakennetta. Vanhat tuotekansiot sisälsivät kuitenkin tuotantodokumenttien lisäksi esimerkiksi muutosmääräykset. Laadittujen tuotekansioden sisältöön päätettiin laittaa vain valmistuksessa tarvittavat dokumentit. Muutosmääräysten arkistoinnista tuotekansioon luovuttiin, sillä niiden ylläpito olisi ollut hankalaa. Nykyisin muutosmääräyksistä ilmoitetaan, ja niitä voi tarkastella helposti sähköisesti. Tuotekansion rakenteeksi muodostui lista tuoterakenteesta, työohjeet ja muut dokumentit, esimerkiksi työpiirustukset.

### 7.3 Testauksen yhdenmukaistaminen

Testauksen yhdenmukaistamisella voidaan selkeyttää tuotantoprosesseja. Tässä tiimissä valmistettavat tuotteet ovat samankaltaisia ja niissä on samanlaisia testejä. Tuotteiden volyymi on pieni, eikä kaikille tuotteille kannata rakentaa omaa testi- tai työpistettä. Kun mahdollisuuksien puitteissa käytetään samoja testilaitteita, vähennetään tilantarvetta ja testilaitteiden hallinta helpottuu. Testilaitteita pitää kuitenkin olla useampi kappale. Määrä riippuu siitä, kuinka monen tuotteen testauksessa testilaitetta tarvitaan. Hyvä määrä on, että jokaista tuotetta kohti on oma testilaitte ja lisäksi vielä muutama varalaitte.

Koska testauskäytäntöjä oli esimerkiksi antennien kohdalla erilaisia, lähdettiin selvittämään, voidaanko testaus poistaa kokonaan vai pitäisikö se lisätä myös toisen antennin

testaukseen. Antenni, jossa antennielementin testaus suoritetaan, on uusi tuote. Toinen antenni, jolle testejä ei tehdä, on vanha tuote. Asiasta keskusteltiin tuotepäälliköiden sekä asiantuntijan kanssa. Tuotepäälliköillä ei ollut yhteistä kantaa, ja asiantuntijan mukaan kaikille olisi syytä tehdä pieniä testejä. Syy ottaa molempiin antenneihin testaus olisi laadunvarmistaminen. Antennielementit testataan alihankkijalla, mutta komponentit voivat vahingoittua kuljetuksessa ja varastoinnissa. Lopputestauksella voitaisiin varmistaa antennielementtien toiminta sekä yhteensopivuus kokoonpanossa. Toinen vaihtoehto on, että lopputestausta ei oteta käyttöön ja poistetaan se myös tästä toisesta tuotteesta. Silloin kuitenkin pitäisi varmistua siitä, että tuotteeseen ei tule laatuongelmia. Jos antennielementtien testauksesta päätetään luopua, pitää tarvittaessa kehittää nopea tapa varmistua siitä, että kaapelit toimivat.

#### 7.4 Tuotantoprosessin kehittäminen ja tuotantoajan optimointi

Kun MW31- ja SPS311-testausprosessia lähdettiin kehittämään, tärkeimpänä päämääränä oli lyhentää läpimenoaikaa sekä helpottaa ja nopeuttaa testausta siitä tilanteesta, johon vuonna 2010 alkaneessa Lean-projektissa jäätiin. Tuoteprosessin parantamisen lähtökohtana oli jatkuva parantaminen -periaate. Uusilla testausjärjestelyillä pyrittiin nopeuttamaan tuotantoaikaa. Prosessista tehtiin arvovirtakaavio kuvaamaan saavutettua tilannetta (liite 6).

Testausprosessia lähdettiin kehittämään ja koeluotaus päätettiin suorittaa käyttäen testilaitetta. Testilaitteen käyttöönoton seurauksena kustannukset laskivat sekä tuotantoaika lyheni merkittävästi. Testilaitteen käyttö mahdollistaa tuotantoprosessin, joka ei riipu ulkopuolisista tekijöistä tai sisällä turhaa odottelua. Testijärjestely ei vaadi enää aikaa vievää aitoa luotausta. Tämän seurauksena kaikki puskurivarastoon tehtävät SPS311:t on testattu, ja varaosat voidaan lähettää suoraan hyllystä asiakkaalle. (Liite 3.)

Aikaisemmassakin SPS311-testauksessa on käytetty samankaltaista testilaitetta. Testilaitetta ei kuitenkaan ole käytetty koeluotaukseen. Aikaisemmin SPS311 ja MW31 kuuluivat samaan työprosessiin ja niiden testaus oli yhdistetty, joten SPS311:tä ei ollut tarvetta testata erikseen. Lukuun ottamatta niitä, jotka toimitetaan varaosiksi. Niiden testaukseen ei ollut aikaisemmin määritetty selvää toimintamallia.

SPS311:n radiotestauksessa aikaisemmin käytetty testilaitte vastaa vanhempaa luotainmallia, joka ei ole yleisin käytössä oleva malli. Sen hyödyntäminen uudessa testausjärjestelyssä ei ollut kannattavaa. Testilaitte valittiin koeluotaukseen sopivimman luotaintyyppin mukaan ja haluttiin käyttää sellaista luotainmallia vastaavaa testilaitetta, joka on yleisin ja myydyin. Testilaitteen valinnassa käytettiin myös hyväksi muita samankaltaisia tuotteita kuin MW31, joissa järjestelmän lopputestaus on suoritettu samanlaisella testilaitteella. Päädyttiin käyttämään testilaitetta, jota on käytetty jo aikaisemmin muissa samankaltaisissa laitetestauksissa, ja se täyttää testin asettamat vaatimukset testilaitteelle. (Liite 3.)

Testausta lähdettiin muokkaamaan valitulle testilaitteelle. Koska testilaitetta on käytetty myös muissa testausproseduureissa, testausjärjestelyihin otettiin mallia aikaisemmista ohjeista. SPS311:n radiotestejä suunniteltaessa huomattiin, että siihen käytettävä testiohjelma tuki valittua luotaintyyppiä. Signaalin alkutasosta ei myöskään muodostunut ongelmaa, sillä se säädetään testauksessa vaimentimilla.

Uuden testilaitteen käyttöönotto vaati testausjärjestelyjen ja tuloksien tutkimista. Testaus suoritettiin monella samanlaisella testilaitteella ja tuloksia verrattiin. Tavoitteena oli tarkastella, että testitulokset ovat luotettavia ja antavat samanlaisia tuloksia. Lisäksi saatuja tuloksia verrattiin aikaisemman testausproseduurin tuloksiin ja todettiin, että testausmenettely antaa todenmukaisia tuloksia. Kun varmistuttiin siitä, että testilaitte sopi testaukseen, se voitiin ottaa käyttöön. (Liite 7.)

Koeluotauksen suunnittelussa käytettiin apuna muiden tuotteiden testiproseduureja. Testaukselle määritettiin testattavat suureet ja rajat, jotka tuotteen pitää täyttää, jotta testaus menee hyväksyttävästi läpi. Testilaitteella suoritetaan SPS311- ja MW31-tuotteissa lopputestaus, joka on koeluotaus. Testijärjestelyillä tuotetaan luotauksen vaatimat tiedot järjestelmälle.

Hyvinä puolina testitulosten kannalta testilaitteen käytössä on, että tiedetään millaista dataa testin pitää tuottaa. Tällöin tieto on vertailukelpoista aikaisempien testaustulosten kanssa. Aikaisemmin tarvittiin toinen testilaitte testauksen rinnalle, jotta voitiin verrata saatuja tuloksia. (Liite 3.)

## 8 Loppupäätelmät

### 8.1 Ohjeiden hyväksyntä ja käyttöönotto

Ohjeisiin ja kaikkiin muutoksiin oli saatava hyväksyntä sellaiselta taholta, jolla asiasta oli parhaat tiedot. Tämä henkilö toimi periaatteessa dokumentin tarkastajana ja lopullisen hyväksynnän suorittaa tuotannon esimies. Työohjeen sisältö riippuu siitä, minkälaiset tiedot kirjoittajalla on ja kuinka hyvin hän pystyy hyödyntämään työntekijöiden tietoa. Tuotantodokumenttien päivittäminen ei kuitenkaan kuulu perinteisesti tuotannon työtehtäviin. Työohjeista vastaa tässä tapauksessa LCM-osasto, joka pitää huolen kaikista dokumentaatioon liittyvistä korjauksista ja päivittämisistä.

Ohjeiden käyttöönotolle ei ole määritetty erikseen tiettyä prosessia. PDM-järjestelmässä määritetään hyväksytylle dokumentille alkamispäivä ja vanhalle dokumentille loppumispäivä. Se kertoo milloin ohjetta saa käyttää tuotantoprosessissa. Ohjeiden loppukäyttäjille pitää tiedottaa ohjeiden käyttöönotosta ja vanhat dokumentit poistaa käytöstä.

Ohjeiden päivitysprojektin aikana ohjeet käytiin moneen kertaan läpi ja niiden toimivuutta testattiin oikeissa työtilanteissa. Lisäksi hyväksyjä ja tarkastaja kävivät läpi ohjeet. Ohjeiden ylläpito ja mahdolliset korjaukset jatkuvat tämän insinööritoiminnan jälkeenkin.

### 8.2 Jatkuva kehittäminen

Lean-ajattelun viimeisen kohdan mukaan pyritään täydellisyyteen. Se vaatii, että tuotantoprosessia pyritään kehittämään tämän insinööritoiminnan jälkeenkin. Työohjeiden jatkuva ylläpito ja prosessin jatkuva parantaminen ovat tärkeitä.

Tämän insinööritoiminnan tavoitteista jäi toteuttamatta testipöytäkirjojen ohjaaminen suoraan verkkoon sekä antennien testauksen yhdenmukaistaminen. Niiden selvittäminen jätettiin insinööritoiminnan ulkopuolelle, sillä ne olisivat vaatineet paljon lisätutkimuksia ja selvittelyä.

## Lähteet

- [1] Peltonen, Hannu. 2002. PMD: Tuotetiedon hallinta. Helsinki: IT-Press.
- [2] VADOM/AJL. 2010. RM32 antenna datasheet-B210657EN-B.pdf. PDF-tiedosto. <vintra.vaisala.com>. Luettu 3.3.2012.
- [3] VADOM/AJL. 2010. GA31 GPS antenna datasheet B210466EN-C.pdf. PDF-tiedosto. <vintra.vaisala.com>. Luettu 3.3.2012.
- [4] Sääksvuori, Antti. 2002. Tuotetiedonhallinta-PDM. Helsinki: Satku-Kauppakaari.
- [5] VADOM/AJL. SPS311-Datasheet-B210492EN-C-HiRes.pdf. PDF-tiedosto. <vintra.vaisala.com>. 2010. Luettu 3.3.2012.
- [6] Röyttä, Esko. 1991. Tuotantotekniikka. Porvoo: WSOY.
- [7] Metalliteollisuuden keskusliitto MET. 2001. 5S. Helsinki: MET.
- [8] Vaisala Oyj kotisivut. 2011-2012. Verkkodokumentti. Vaisala Oyj. <www.vaisala.com>. Luettu 27.2.2012.
- [9] Liker, Jeffrey K. 2010. Toyotan tapaan. Helsinki: Readme.fi.
- [10] Womack, James P. & Jones, Daniel T. 1996. Lean Thinking. New York: Simon & Schuster.
- [11] Highet, Danuta. 2006. Work Instructions – How to Develop Effective Work Instructions. Verkkodokumentti. Foqus, Inc. <[http://www.grizmo.com/management\\_news\\_200607.html](http://www.grizmo.com/management_news_200607.html)>. Luettu 27.2.2012.
- [12] Highet, Danuta. 2008. Work Instructions That Work. Verkkodokumentti. Foqus, Inc. <[http://www.grizmo.com/management\\_news\\_200810.html](http://www.grizmo.com/management_news_200810.html)>. Luettu 27.2.2012.
- [13] How To Write IT Technical Documentation. Verkkodokumentti. IT Managers Inbox. <<http://itmanagersinbox.com/1556/how-to-write-it-technical-documentation/>>. Luettu 27.2.2012.
- [14] Peltonen, Aarne/Opetushallitus. Tuottava tehdas. 1998. Verkkodokumentti. <<http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/tuottavatehdas/tehdas6.html#6>>. Luettu 27.2.2012.

- [15] Hutchins, Greg. 1997. ISO 9000: a comprehensive guide to registration, audit guidelines and successful certification. New York: Wiley.
- [16] Vaisala Oyj kotisivut. 2011-2012. Verkkodokumentti. Vaisala Oyj. <[www.vaisala.fi](http://www.vaisala.fi)>. Luettu 27.2.2012.
- [17] Franssila, Jarmo. 2011. DigiCORA MW31 Sales Presentation.ppt. Power-Point-esitys. <[vintra.vaisala.com](http://vintra.vaisala.com)>. Luettu 3.3.2012.
- [18] Invenius, Laura. 2009. Vaisala\_Soundings\_Brochure\_B210773ENB.pdf. PDF-tiedosto. <[vintra.vaisala.com](http://vintra.vaisala.com)>. Luettu 3.3.2012.
- [19] VADOM/AJL. 2010. RB31 antenna datasheet-B210476EN-B.pdf. PDF-tiedosto. <[vintra.vaisala.com](http://vintra.vaisala.com)>. Luettu 3.3.2012.

## **Kokousmuistio 1**

### **Vaisala Oyj**

Kokousmuistiinpanot

19.9.2011

Paikalla: JELO, TMS, JLO

---

#### **1. Ilmoitukset**

Insinööriyön tavoitteet ja sisältö.

#### **2. Keskustelut**

- Työohjeet: MW31 koneet, antennit, radio
- Loran
- testipöytäkirjat
- MW31- ja SPS311 -ohjeiden erottaminen
- Varaosat
- Toimitus- ja läpimenoaika
- Arvovirtakaavion kehittyminen
- Lean ohjeiden ja tuotannon ohjeiden yhdistäminen
- Tuoterakenteet
- Jatkuva kehitys

#### **3. Lopputulokset**

Insinööriyön tavoite on luoda päivitetyt tuotekansiot MW31:lle ja kehittää tuotantoprosessin läpimenoaikaa.

## Kokousmuistio 2

### Vaisala Oyj

Kokousmuistiinpanot

26.9.2011

Paikalla: JELO, TIM, PALA

---

#### 1. Ilmoitukset

Tavoitteena on keskustella insinööriyöstäni Pilottiprojektin näkökulmasta. Lean-ohjeiden ja tuotannon ohjeiden yhdistäminen. Valmiit Lean-ohjepohjat ja ohjeiden vaikutus tuleviin tuotteisiin. Ohjeiden tarpeet.

#### 2. Keskustelut

Kokouksessa käytiin läpi dokumenttien päivittämistä. Mietittiin millaisia pohjia on käytössä ja onko jotain linjaa jota olisi hyvä noudattaa päivittämisprosessissa. Kokouksessa kävi ilmi että dokumentoinnin rakenteen tulisi olla helposti päivitettävä. Päivittämisen pitää olla helppo ja vaivatonta LCM:lle. Käytiin läpi eri tuotteiden ohjepohjia ja sitä kuka niistä vastaa. Kartoitettiin insinööriyöni vaikutusta muihin tuotantoprosesseihin ja mahdollisiin uusiin tuotteisiin.

#### 3. Lopputulokset

Selvitys ohjepohjista ja dokumentoinnin päivittämisestä. Yksi mahdollinen Lean-pohja. Vielä ei kuitenkaan ole saatu yhtenäistä linjaa Lean-ohjeiden ja tuotannonohjeiden yhdistämiselle.



## Kokousmuistio 3

### Vaisala Oyj

Kokousmuistiinpanot

24.10.2011

Paikalla: JELO, MHJ, FR

---

#### 1. Ilmoitukset

Mahdollisuus korvata aito luotaus purkkisondi-luotauksella

#### 2. Keskustelut

Miten purkkisondi toimii. Mitä eroja aitoon luotaukseen. Purkkisondin plussat ja miinukset. Onko hyvä testauskäytäntö myös järjestelmä testiin. Parantaako laatua ja voiko tuloksia verrata. Pitääkö testejä muuttaa radikaalisti ja kuinka kauan purkkisondi-luotauksen tulisi kestää.

#### 3. Lopputulokset

Purkkisondiluotauksen käyttöön otto parantaisi läpimenoaikaa ja vähentäisi kustannuksia. (Nykyinen luotaus kestää 3h + pallo + odotus).

Purkkisondia käytetään jo kahden uuden laitteen testaamiseen.

Purkkisondin plussat: Vakio signaalinvoimakkuus, herkkyydet helppo vertailla, PTU vakio ja data jatkuva → datan vertailukelpoisuus.

Purkkisondin miinukset: tuuli dataa ei saada. Tuuli nollassa.

#### 4. Päätökset

Purkkisondiluotaus päätetään ottaa käyttöön. FR avaa ECR:n ja MHJ ECO:n.

Purkkisondi on sama kuin MW32 käytetty. Kuitenkin MHJ tekee lisää, koska tarve kasvaa. Tarvittavat jigit MHJ.

## **Puhelinkeskustelu 1**

### **Vaisala Oyj**

Puhelinkeskustelu

7.11.2011

Henkilöt: JELO, MHJ, Tuotepäälliköt

---

#### **1. Ilmoitukset**

Testauksen yhdenmukaistaminen

#### **2. Keskustelut**

- Antennien testauksen yhdenmukaistaminen
- CG31 vs. RM32/GA31
- Testauksen tarve
- Mikä tekninen arvo vaatii testausta

#### **3. Lopputulokset**

Alihankkijan testaamat antennielementit saattavat rikkoutua varastoinnin tai kuljetuksen aikana. Myös yhteensopivuus järjestelmän kanssa olisi hyvä varmistaa. Tästä syystä olisi hyvä tehdä jokin nopea testaus, jolla voitaisiin määrittää tuotteen toimivuus. CG31 on uusi tuote ja se lähetetään suoraan asiakkaalle, siksi sen toiminta varmuus olisi hyvä varmistaa. Näistä syistä CG31 testi olisi hyvä säilyttää ja RM32/GA31 testata.

Testaus menettelyitä ei ole tehty päätöstä. Testit tehdään alkuperäistä testausmenettelyä noudattaen.

## **Puhelinkeskustelu 2**

### **Vaisala Oyj**

Puhelinkeskustelu

7.11.2011

Henkilöt: JELO, MVAI

---

#### **1. Ilmoitukset**

Lean-ohjeet

#### **2. Keskustelut**

Lean-ohjeiden määritelmä ja vaatimukset

#### **3. Lopputulokset**

Työohjeilla luodaan visuaalinen kontrolli, jolla pyritään selkeyttämään tuotantoprosessia ulkopuolisille. Tuotantoprosessi halutaan näkyväksi kaikille. Kehitetään ideoita yksinkertaisille työohjeille mutta huomioon on otettava myös uusi työntekijä ja hänen opettaminen. Standardisoidulla työmenettely → parantaa laatua. Joissakin yrityksissä on otettu käyttöön "muistilaput" työvaiheiden unohtamisen ehkäisemiseksi. Lean -ohjeiden pitäisi tukea visuaalista tehdas ilmettä.